



IFW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **MI, Xiaoyu, et al.**

Group Art Unit: Not yet assigned

Serial No.: **10/711,516**

Examiner: Not yet assigned

Filed: **September 23, 2004**

For: **MICRO-MIRROR ELEMENT**

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Date: September 23, 2004

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 2004-144552, filed May 14, 2004

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,

ARMSTRONG, KRATZ, QUINTOS,
HANSON & BROOKS, LLP

William L. Brooks
Attorney for Applicants
Reg. No. 34,129

WLB/aoa
Atty. Docket No. **040489**
Suite 1000
1725 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006
(202) 659-2930



23850

PATENT TRADEMARK OFFICE

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
ある事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 5 月 1 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 1 4 4 5 5 2
Application Number:

ST. 10/C] : [J P 2 0 0 4 - 1 4 4 5 5 2] ,

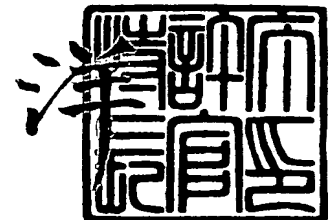
願 人 富士通株式会社
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年 7 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 5 9 4 2 3

【書類名】 特許願
【整理番号】 0495116
【提出日】 平成16年 5月14日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 26/08
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社
 内
 【氏名】 ミイ シヤオユウ
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社
 内
 【氏名】 曾根田 弘光
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社
 内
 【氏名】 上田 知史
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社
 内
 【氏名】 佐脇 一平
【特許出願人】
 【識別番号】 000005223
 【氏名又は名称】 富士通株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100086380
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 吉田 稔
【選任した代理人】
 【識別番号】 100103078
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 田中 達也
 【電話番号】 06-6764-6664
 【連絡先】 担当
【国等の委託研究の成果に係る記載事項】 平成16年度、情報通信研究機構、「光バーストスイッチングを用いたフォトニックネットワーク技術の研究開発」委託研究、産業再生法第30条の適用を受ける特許出願
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 024198
 【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9807281

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとが形成されているマイクロミラー基板と、

配線パターンが形成されている配線基板と、

前記マイクロミラー基板および前記配線基板を離隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電氣的に接続するための導電スペーサと、を備えるマイクロミラー素子であって、

前記配線基板は、前記マイクロミラー基板に対向する第 1 の面を有し、当該第 1 の面には、前記ミラー部の回転角度を検出するための検出手段が設けられていることを特徴とする、マイクロミラー素子。

【請求項 2】

フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとを備える複数のマイクロミラーユニットが一体的に形成されているマイクロミラー基板と、

配線パターンが形成されている配線基板と、

前記マイクロミラー基板および前記配線基板を離隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電氣的に接続するための導電スペーサと、を備えるマイクロミラー素子であって、

前記配線基板は、前記マイクロミラー基板に対向する第 1 の面を有し、当該第 1 の面には、前記各ミラー部ごとの回転角度を検出するための複数の検出手段が設けられていることを特徴とする、マイクロミラー素子。

【請求項 3】

前記検出手段は、光センサを用いて構成されている、請求項 1 または 2 に記載のマイクロミラー素子。

【請求項 4】

前記検出手段は、静電容量型センサを用いて構成されている、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のマイクロミラー素子。

【請求項 5】

前記配線基板は、前記第 1 の面とは反対の第 2 の面を有し、当該第 2 の面には、前記配線パターンの一部が形成されているとともに、

前記配線基板は、前記第 1 の面に形成されている配線パターンと前記第 2 の面に形成されている配線パターンとを電氣的に接続するように、前記配線基板を貫通する導電連絡部を有する、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のマイクロミラー素子。

【請求項 6】

前記導電スペーサは、単一のバンプ、または、積み重なる複数のバンプからなる、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のマイクロミラー素子。

【書類名】明細書

【発明の名称】マイクロミラー素子

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の光ファイバ間の光路の切り換えを行う光スイッチング装置などに組み込まれる素子であって、光反射によって光の進行方向を変更するためのマイクロミラー素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、光通信技術が様々な分野で広く利用されるようになってきた。光通信においては、光ファイバを媒体として光信号が伝送され、光信号の伝送経路を或るファイバから他のファイバへと切替えるためには、一般に、いわゆる光スイッチング装置が使用されている。良好な光通信を達成するうえで光スイッチング装置に求められる特性としては、切替え動作における、大容量性、高速性、高信頼性などが挙げられる。これらの観点より、光スイッチング装置に組み込まれるスイッチング素子としては、マイクロマシニング技術によって作製されるマイクロミラー素子が注目を集めている。マイクロミラー素子によると、光スイッチング装置における入力側の光伝送路と出力側の光伝送路との間で、光信号を電気信号に変換せずに光信号のままでスイッチング処理を行うことができ、上述の特性を得るうえで好適だからである。

【0003】

マイクロマシニング技術で作製したマイクロミラー素子を用いた光スイッチング装置は、例えば、下記特許文献1や、下記非特許文献1などに開示されている。

【0004】

図10は、一般的な光スイッチング装置500の概略構成を表す。光スイッチング装置500は、一对のマイクロミラーアレイ501、502と、入力ファイバアレイ503と、出力ファイバアレイ504と、複数のマイクロレンズ505、506とを備える。入力ファイバアレイ503は所定数の入力ファイバ503aからなり、マイクロミラーアレイ501には、各入力ファイバ503aに対応するマイクロミラー素子501aが複数配設されている。同様に、出力ファイバアレイ504は所定数の出力ファイバ504aからなり、マイクロミラーアレイ502には、各出力ファイバ504aに対応するマイクロミラー素子502aが複数配設されている。マイクロミラー素子501a、502aは、各々、光を反射するためのミラー面を有し、当該ミラー面の向きを制御できるように構成されている。複数のマイクロレンズ505は、各々、入力ファイバ503aの端部に対向するように配置されている。同様に、複数のマイクロレンズ506は、各々、出力ファイバ504aの端部に対向するように配置されている。

【0005】

光伝送時において、入力ファイバ503aから出射される光L1は、対応するマイクロレンズ505を通過することによって、相互に平行光とされ、マイクロミラーアレイ501へ向かう。光L1は、対応するマイクロミラー素子501aで反射し、マイクロミラーアレイ502へと偏向される。このとき、マイクロミラー素子501aのミラー面は、光L1を所望のマイクロミラー素子502aに入射させるように、予め所定の方角を向いている。次に、光L1は、マイクロミラー素子502aで反射し、出力ファイバアレイ504へと偏向される。このとき、マイクロミラー素子502aのミラー面は、所望の出力ファイバ504aに光L1を入射させるように、予め所定の方角を向いている。

【0006】

このように、光スイッチング装置500によると、各入力ファイバ503aから出射した光L1は、マイクロミラーアレイ501、502における偏向によって、所望の出力ファイバ504aに到達する。すなわち、入力ファイバ503aと出力ファイバ504aは1対1で接続される。そして、マイクロミラー素子501a、502aにおける偏向角度を適宜変更することによって、光L1が到達する出力ファイバ504aが切替えられる。

【0007】

上述のような光スイッチング装置 500 においては、光通信網が大規模化するほどファイバ数は増加し、従って、マイクロミラーアレイに組み込まれるマイクロミラー素子ないしミラー面の数も増加する。ミラー面の数が増加するほど、当該ミラー面を駆動するために必要な配線の量は増加するので、単一のマイクロミラーアレイにおいて、配線形成に必要な面積は増大する。同一基板に対してミラー面とともに配線パターンを形成する場合、配線形成領域が拡大するほど、ミラー面間のピッチを大きくする必要がある。その結果、当該基板ないしマイクロミラーアレイが大きなものになってしまう。また、ミラー面の数が増加すると、同一基板に対してミラー面とともに配線パターンを形成すること自体が困難となる傾向にある。

【0008】

一方、このような問題を解決するべく、揺動可能なミラー面と、このミラー面を駆動するための配線パターンとを別々の基板に形成し、これらの基板を導電スペーサで電気的に接続して構成されたマイクロミラー素子が提案されている（例えば、下記特許文献 2 を参照）。このような構成においては、ミラー面を駆動するための配線パターンがミラー面を形成する基板とは別の基板に形成されているため、ファイバ数の増加に伴ってミラー面の数が増加しても、ミラー面の形成ピッチが大きくなることを抑制することが可能となる。その結果、マイクロミラー素子の大型化を抑制することができる。

【0009】

ところで、光通信網の大規模化によってファイバ数が増加すると、入力ファイバと出力ファイバを 1 対 1 で接続する際の組み合わせの数を増やすことができる。このようにファイバどうしの接続の組み合わせが増加するほど、マイクロミラー素子におけるミラー面の向きは高い精度で制御される必要があるため、すべてのミラー面の作動状態を適正に検出することが要請されている。

【0010】

【特許文献 1】国際公開 WO 00/20899 号公報

【特許文献 2】特開 2003-344785 号公報

【非特許文献 1】論文 Fully Provisioned 112×112 Micro-Mechanical Optical Crossconnect with 35.8Tb/sec Demonstrated Capacity (Proc. 25th Optical Fiber Communication Conf. Baltimore, PD12(2000))

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、このような事情のもとで考え出されたものであって、ミラー面の増加に伴う素子の大型化を抑制しつつ、ミラー面の作動状態を適正に検出可能なマイクロミラー素子を提供することを課題としている。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の第 1 の側面によって提供されるマイクロミラー素子は、フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとが形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、前記マイクロミラー基板および前記配線基板を離隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電気的に接続するための導電スペーサと、を備えるマイクロミラー素子であって、前記配線基板は、前記マイクロミラー基板に対向する第 1 の面を有し、当該第 1 の面には、前記ミラー部の回転角度を検出するための検出手段が設けられていることを特徴としている。

【0013】

本発明の第 1 の側面に係るマイクロミラー素子では、ミラー部が形成されているマイクロミラー基板と、配線が形成されている配線基板とは、導電スペーサにより離隔されるとともに、配線基板の上には、ミラー部の回転角度を検出するための検出手段が設けら

れている。当該検出手段は、導電スペーサを介してマイクロミラー基板と配線基板とを接続することにより両基板の間に生じた空間を利用して設けられている。そのため、検出手段をマイクロミラー素子から分離した別の部材に設ける必要がなく、検出手段を設けることによってマイクロミラー素子が大型化してしまうことはない。また、検出手段は、配線基板の上に設けられているので、検出対象であるミラー部とは比較的近接している。このため、ミラー部の作動状態を精度良く検出することが可能となる。なお、ミラー部を有する可動部と、これを駆動するために必要な配線とは、別々の基板に形成されている。したがって、可動部と配線とを同一基板に形成することに起因してマイクロミラー素子が大型化してしまうことはない。例えば、複数のミラー部ないし可動部を有する場合であっても、マイクロミラー基板に形成されるミラー部の数の増加に伴って当該ミラー部の形成ピッチが大きくなることは、適切に回避することができる。このように、本発明の第1の側面によると、マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラー素子のミラー部の作動状態を適正に検出することができる。

【0014】

本発明の第2の側面によって提供されるマイクロミラー素子は、フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとを備える複数のマイクロミラーユニットが一体的に形成されているマイクロミラー基板と、配線パターンが形成されている配線基板と、前記マイクロミラー基板および前記配線基板を離隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電氣的に接続するための導電スペーサと、を備えるマイクロミラー素子であって、前記配線基板は、前記マイクロミラー基板に対向する第1の面を有し、当該第1の面には、前記各ミラー部ごとの回転角度を検出するための複数の検出手段が設けられていることを特徴としている。

【0015】

本発明の第2の側面に係るマイクロミラー素子では、ミラー部を有する複数のマイクロミラーユニットが形成されているマイクロミラー基板と、配線が形成されている配線基板とは、導電スペーサにより離隔されているとともに、配線基板の上には、ミラー部の回転角度を検出するための複数の検出手段が設けられている。当該複数の検出手段は、導電スペーサを介してマイクロミラー基板と配線基板とを接続することにより両基板の間に生じた空間を利用して設けられている。そのため、複数の検出手段をマイクロミラー素子から分離した別の部材に設ける必要がなく、複数の検出手段を設けることによってマイクロミラー素子が大型化してしまうことはない。また、各検出手段は、配線基板の上に設けられているので、検出対象である各ミラー部とは比較的近接している。このため、ミラー部の作動状態を精度良く検出することが可能となる。なお、ミラー部を有する複数の可動部と、各可動部を駆動するための配線とは、別々の基板に形成されている。したがって、可動部と配線とを同一基板に形成することに起因してマイクロミラー素子が大型化してしまうことはない。すなわち、マイクロミラー基板に形成されるミラー部の数が増加しても、当該ミラー部の形成ピッチを一定に維持することができ、その結果、素子の過度な大型化を抑制することができる。このように、本発明の第2の側面によると、マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラー素子のミラー部の作動状態を適正に検出することができる。

【0016】

本発明の第1および第2の側面において、好ましくは、前記検出手段は、光センサを用いて構成されている。あるいは、前記検出手段は、静電容量型センサを用いて構成されている。このような構成によれば、検出対象であるミラー部とは非接触でミラー部の回転角度を検出することができる。したがって、ミラー部の回転角度を検出するのに際し、ミラー部の作動は何ら影響を受けることがない。

【0017】

好ましくは、前記配線基板は、前記第1の面とは反対の第2の面を有し、当該第2の面には、前記配線パターンの一部が形成されているとともに、前記配線基板は、前記第1の面に形成されている配線パターンと前記第2の面に形成されている配線パターンとを電気

的に接続するように、前記配線基板を貫通する導電連絡部を有する。本発明では、配線基板の第2の面に対して配線パターンが形成されている。このため、配線基板の第1の面に検出手段が設けられていても、配線パターンを第2の面に形成することによって、配線形成領域を十分に確保することができる。

【0018】

好ましくは、前記導電連絡部は、金属、半導体、導電性有機物のいずれかの導電性材料によって構成されている。好ましくは、前記導電性材料は、メッキ処理、CVD法、LP CVD法、MOCVD法のいずれかの方法を用いて形成されている。このような構成によれば、導電連絡部を介しての第1の面に形成された配線パターンと第2の面に形成された配線パターンとの電氣的接続を、導電連絡部を介して適切に達成することができる。

【0019】

好ましくは、前記導電スペーサは、単一のバンプ、または、積み重なる複数のバンプからなる。好ましい実施の形態においては、前記導電スペーサは、前記配線パターンまたは前記フレーム部の少なくとも一方に電極パッドを介して接続している。このような構成に代えて、又は、このような構成とともに、前記導電スペーサは、前記配線パターンまたは前記フレーム部の少なくとも一方に導電性接着剤を介して接続しているのが好ましい。これらの構成により、導電スペーサを介しての配線パターンとフレーム部との電氣的接続を適切に達成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の好ましい実施の形態について、図面を参照して具体的に説明する。図1は、本発明の第1の実施形態に係るマイクロミラー素子X1の斜視図である。図2は、マイクロミラー素子X1の分解斜視図である。図3は、図1の線III-IIIに沿った断面図である。

【0021】

マイクロミラー素子X1は、マイクロミラー基板100と、配線基板200と、これらの間に介在する導電スペーサ300と、光センサユニット400とを備える。マイクロミラー基板100は、ミラー形成部110と、これを囲む内フレーム120と、内フレーム120を囲む外フレーム130と、ミラー形成部110および内フレーム120を連結する一対のトーションバー140と、内フレーム120および外フレーム130を連結する一対のトーションバー150とを備える。一対のトーションバー140は、内フレーム120に対するミラー形成部110の回転動作の回転軸心A1を規定する。一対のトーションバー150は、外フレーム130に対する内フレーム120およびこれに伴うミラー形成部110の回転動作の回転軸心A2を規定する。回転軸心A1と回転軸心A2は略直交している。このように、マイクロミラー基板100には、2軸型のマイクロミラーが形成されている。

【0022】

本実施形態のマイクロミラー基板100は、例えば厚さ100 μ mの第1シリコン層と、例えば厚さ100 μ mの第2シリコン層と、これらに挟まれた例えば厚さ1 μ mの絶縁層とからなる積層構造を有するSOI (Silicon on Insulator) ウエハから、マイクロマシニング技術により形成されたものである。具体的には、マイクロミラー基板100は、フォトリソグラフィ、DRIE (Deep Reactive Ion Etching) などのドライエッチング技術、ウェットエッチング技術などを用いて、第1シリコン層、第2シリコン層、および絶縁層の一部をエッチング除去することにより形成されたものである。第1シリコン層および第2シリコン層は、シリコンに対してPやAsなどのn型不純物やBなどのp型不純物がドーピングされて導電性が付与されている。ただし、本発明では、マイクロミラー基板100は、他の形態の基板から作製してもよい。

【0023】

ミラー形成部110は、その上面にミラー面111が薄膜形成され、その下面に光センサユニットからの照射光を反射するための反射面112がミラー面111と同様に薄膜形

成されている。また、ミラー形成部110の相対向する2つの側面には、櫛歯電極110a, 110bが設けられている。ミラー形成部110は、第1シリコン層に由来する。

【0024】

内フレーム120は、内フレーム主部121と、一对の電極基台122と、これらの間の絶縁層とからなる積層構造を有し、内フレーム主部121と電極基台122は、絶縁層によって電氣的に分断されている。一对の電極基台122には、内方に延出する櫛歯電極122a、122bが設けられている。内フレーム主部121には、外方に延出する櫛歯電極121a、121bが設けられている。櫛歯電極122a、122bは、ミラー形成部110の櫛歯電極110a、110bの下方に位置しており、ミラー形成部110の回転動作時において櫛歯電極110a、110bと当接しないように配置されている。内フレーム主部121は第1シリコン層に由来し、一对の電極基台122は第2シリコン層に由来する。

【0025】

各トーションバー140は、ミラー形成部110と内フレーム主部121とに接続しており、第1シリコン層に由来する。

【0026】

外フレーム130は、第1外フレーム部131と、第2外フレーム部132と、これらの間の絶縁層とからなる積層構造を有し、第1外フレーム部131と第2外フレーム部132は、絶縁層によって電氣的に分断されている。第2外フレーム部132には、図4に表すように、空隙を介して第1アイランド134、第2アイランド135、第3アイランド136、および、第4アイランド137が設けられている。第1～第4アイランド134～137には、各々、電極パッド138a～138dが設けられている。電極パッド138a～138dは、AuまたはAlよりなる。第3アイランド136および第4アイランド137には、各々、内方に延出する櫛歯電極132a、132bが設けられている。櫛歯電極132a、132bは、各々、内フレーム主部121の櫛歯電極121a、121bの下方に位置しているが、内フレーム120の回転動作時において、櫛歯電極121a、121bの歯と当接しないように配置されている。第1外フレーム部131は第1シリコン層に由来し、第2外フレーム部132は第2シリコン層に由来する。

【0027】

各トーションバー150は、上層151と、下層152と、これらの間の絶縁層とからなる積層構造を有し、上層151と下層152は、絶縁層によって電氣的に分断されている。この絶縁層は空気層でも良い。上層151は、内フレーム主部121と第1外フレーム部131とに接続し、下層152は、電極基台122と第2外フレーム部132とに接続している。上層151は第1シリコン層に由来し、下層152は第2シリコン層に由来する。

【0028】

配線基板200は第1面201および第2面202を有する。第1面201には、所定の配線パターン210が形成されている。配線パターン210には、導通接続用の4つの電極パッド211a～211dおよび外部接続用の4つの電極パッド212a～212dが含まれる。電極パッド211a～211dは、マイクロミラー基板に設けられている電極パッド138a～138dに対応する位置に配置されている。配線基板200の本体は、例えば厚さ300 μ mのSiなどの半導体基板やガラス基板などである。配線基板200の第1面201は、機械研削などにより平坦化のための加工がなされている。したがって、配線基板200においては、第1面201の平面度を高く維持することができる。配線パターン210は、配線基板200の第1面201に対して金属材料を成膜した後にこれをパターニングすることによって、形成される。金属材料としては、AuやAlを用いることができる。また、成膜手法としては、スパッタリング法やメッキ処理を採用することができる。

【0029】

導電スペーサ300は、マイクロミラー基板の電極パッド138a～138dと配線基

板の電極パッド211a~211dとの間に介在している。本実施形態では、導電スペーサ300は、Auボールバンプが2段に積み重なった構造を有し、電極パッド211a~211dとは融着しており、電極パッド138a~138dとは導電性接着剤303を介して接合している。積層されたAuボールバンプ間は、超音波ボンディングにより接合されている。

【0030】

光センサユニット400は、ミラー形成部110の回転角度を検出するためのものであり、配線基板の第1面201に接着剤などを介して設けられている。光センサユニット400は、ミラー形成部110の下面に対向する位置に配置されている。光センサユニット400は、例えばセンサ素子として光を利用した位置検出が可能なPSDセンサを用いた構成とされている。光センサユニット400は、その上面に矩形状の受光部401が設けられているとともに、受光部401の中心部には、ミラー形成部の反射面112に光を照射するための光源402が設けられている。受光部401の表面の周縁付近には、4つの電極403a~403dが配されている。配線基板200には、光源402に電力を供給するため、および電極からの出力電流を流すための配線（図示略）が設けられている。光センサユニットのセンサ素子については、PSDセンサの他にも、ホトダイオードをマトリックス状に二次元配列したホトダイオードアレイなど、光を利用したセンサであれば、種々の態様をとることができる。

【0031】

このような構成のマイクロミラー素子X1において、第1外フレーム部131をグランド接続すると、第1外フレーム部131と同一のシリコン系材料により一体的に成形された第1シリコン層由来のトーションバー150の上層151、内フレーム主部121、トーションバー140およびミラー形成部110を介して、櫛歯電極110a、110bと櫛歯電極121a、121bとがグランド接続されることとなる。この状態において、櫛歯電極122aまたは櫛歯電極122bに所望の電位を付与し、櫛歯電極110aと櫛歯電極122aとの間、または、櫛歯電極110bと櫛歯電極122bとの間に静電力を発生させることによって、ミラー形成部110を、回転軸心A1まわりに揺動させることができる。また、櫛歯電極132aまたは櫛歯電極132bに所望の電位を付与し、櫛歯電極121aと櫛歯電極132aとの間、または、櫛歯電極121bと櫛歯電極132bとの間に静電力を発生させることによって、内フレーム120およびミラー形成部110を、回転軸心A2まわりに揺動させることができる。

【0032】

櫛歯電極122aへの電位の付与は、図2~図4を併せて参照するとよく理解できるように、配線基板200の電極パッド212a、電極パッド211a、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138a、第1アイランド134、これに接続しているトーションバー150の下層152、これに接続している電極基台122を介して行うことができる。櫛歯電極122bへの電位の付与は、配線基板200の電極パッド212b、電極パッド211b、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138b、第2アイランド135、これに接続しているトーションバー150の下層152、これに接続している電極基台122を介して行うことができる。櫛歯電極132aへの電位の付与は、配線基板200の電極パッド212c、電極パッド211c、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138c、第3アイランド136を介して行うことができる。櫛歯電極132bへの電位の付与は、配線基板200の電極パッド212d、電極パッド211d、その上の導電スペーサ300、マイクロミラー基板100の電極パッド138d、第4アイランド137を介して行うことができる。このように4つの導電経路を介して所定の電位を付与することにより、ミラー形成部110を所定の方向に向けることができる。

【0033】

このような電位の付与によりミラー形成部110または内フレーム120の少なくとも一方を揺動駆動させると、これら可動部の何れかの端部は、配線基板200に向かって変

位する。例えば、内フレーム 120 における電極基台 122 の長さ L_3 が $600\ \mu\text{m}$ である場合、内フレーム 120 が回転軸心 A2 まわりに 5° 回転すると、電極基台 122 の端部は、非回転時の位置から $60\ \mu\text{m}$ 下がることとなる。このような内フレームの変位を阻害しないように、マイクロミラー基板 100 および配線基板 200 は隔離している必要がある。したがって、本実施形態では、導電スペーサ 300 の高さは例えば $100\ \mu\text{m}$ とされている。

【0034】

上述したような電位の付与によりミラー形成部 110 を所定の方角に向けた状態において、光センサユニット 400 を用いてミラー形成部 110 の回転角度を検出することができる。具体的には、図 3 に表すように、光センサユニットの光源 402 からミラー形成部 110 の下面に形成された反射面 112 の中心に向けて光を照射する。ミラー形成部 110 が同図における仮想線で示すように変位している場合には、反射面 112 で反射した光はミラー形成部の回転角度に応じて光源 402 から変位して受光部 401 に照射される。ここで、ミラー形成部 110 の回転角度には、ミラー形成部 110 が回転軸心 A1 まわりに揺動する角度および回転軸心 A2 まわりに揺動する角度が含まれる。受光部 401 の一点に光が照射されると、光により発生したキャリアによる電流が電極 403a ~ 403d に流れる。電極 403a ~ 403d のうち、対向する電極 403a, 403c を流れる電流の比ならびに対向する電極 403b, 403d を流れる電流の比より、受光部 401 における光の照射位置を検出することができる。そして、光の照射位置に基づいて、ミラー形成部の回転角度を算出することができる。このように光センサユニット 400 を用いると、ミラー形成部 110 と非接触でその回転角度を検出することができるため、ミラー形成部 110 の回転角度を検出するのに際し、ミラー形成部 110 の作動は何ら影響を受けることがない。また、ミラー形成部の回転角度を検出した結果、ミラー形成部 110 が所望の方角に向いていないと判定された場合には、櫛歯電極 122a, 122b, 132a, 132b へ付与する電位を増減して、ミラー形成部 110 が所望の方角に向くように調整することができる。

【0035】

このように、マイクロミラー素子 X1 は、マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラー素子のミラー形成部 110 の作動状態を適正に検出するための構成を有する。具体的には、導電スペーサ 300 により、マイクロミラー基板 100 に形成されている導電経路と、配線基板 200 に形成されている配線パターン 210 とが電氣的に接続されている。それとともに、導電スペーサ 300 により、マイクロミラー基板 100 および配線基板 200 の良好な隔離状態が達成されている。光センサユニット 400 は、マイクロミラー基板 100 と配線基板 200 との間に生じた空間を利用して設けられている。このため、光センサユニット 400 を設けることによってマイクロミラー素子 X1 が大型化することもない。また、光センサユニット 400 は、ミラー形成部 110 とは比較的近接して設けられている。このため、ミラー形成部 110 の回転角度の検出の精度は良好となる。また、ミラー形成部 110 および内フレーム 120 からなる可動部を駆動するための配線は、当該可動部が形成されているマイクロミラー基板 100 には形成されていないため、マイクロミラー基板 100 についてはマイクロミラー素子 X1 の小型化が達成されている。

【0036】

図 5 は、本発明の第 2 の実施形態に係るマイクロミラー素子 X2 の斜視図である。図 6 は、マイクロミラー素子 X2 の分解斜視図である。図 7 は、マイクロミラー素子 X2 の断面構造を表す部分断面図である。

【0037】

第 2 の実施形態に係るマイクロミラー素子 X2 は、マイクロミラー基板 100 と、配線基板 200 と、これらの間に介在する導電スペーサ 300 と、合計 9 個の光センサユニット 400 とを備える。マイクロミラー基板 100 には、合計 9 個のマイクロミラーユニット X2' と、これらを囲む共通外フレーム 130' とを備える。マイクロミラーユニット

X2' は、ミラー形成部110と、これを囲む内フレーム120と、ミラー形成部110および内フレーム120を連結する一対のトーションバー140と、内フレーム120および共通外フレーム130'を連結する一対のトーションバー150とを備える。マイクロミラーユニットX2'のミラー形成部110、内フレーム120、トーションバー140、150は、マイクロミラー素子X1のそれと同様の構成を有している。共通外フレーム130'は、各マイクロミラーユニットX2'ごとに、マイクロミラー素子X1の外フレーム130と同様の構成を有する。

【0038】

配線基板200は第1面201および第2面202を有する。第1面201および第2面202には、各マイクロミラーユニットX2'を個別に駆動するように配線パターン210が形成されている。第1面201の配線パターン210には、各マイクロミラーユニットX2'に対応する導通接続用の4つの電極パッド211a~211dが含まれる。第2面の配線パターン202には、外部接続用の4つの電極パッド212a~212dが含まれる。このような構成の配線パターン210においては、第1面の配線パターン210と第2面の配線パターン210は、配線基板200を貫通する導電連絡部220によって電氣的に接続されている。導電連絡部220の形成は、配線パターン210の形成の前に行なう。導電連絡部220は、配線基板200に穴加工を施して貫通孔を形成した後、貫通孔の内周面および配線基板の第1面201、第2面202における貫通孔の開口端周辺部分にCuなどの金属材料を成膜することによって、形成される。穴加工の手法としては、レーザーやDRIEを採用することができる。金属材料の成膜手法としては、無電解メッキ処理を採用することができる。電極パッド212には、外部接続用の例えばハンダバンプ230が形成されている。配線基板200に関する他の構成については、マイクロミラー素子X1に関して上述したのと同様である。

【0039】

導電スペーサ300は、マイクロミラー基板の電極パッド138a~138dと配線基板の電極パッド211a~211dとの間に介在している。導電スペーサ300に関する他の構成については、マイクロミラー素子X1に関して上述したのと同様である。

【0040】

光センサユニット400は、配線基板の第1面201に接着剤などを介して設けられている。光センサユニット400を、配線基板の第1面201に作りこんでも良い。各光センサユニット400は、各マイクロミラーユニットX2'のミラー形成部110の下面に対向する位置に配置されている。光センサユニット400に関する他の構成については、マイクロミラー素子X1に関して上述したのと同様である。

【0041】

マイクロミラー素子X2は、セラミックスやガラスエポキシ樹脂などからなるマザー基板Y2に設けられている。マザー基板Y2は、マイクロミラー素子X2の他にも例えば図外のICなどの回路部品を搭載している。マザー基板Y2の第1面601には、配線パターン610および電極パッド611が形成されており、電極パッド611に配線基板のハンダバンプ230が接続されている。マザー基板の第2面602には、電極パッド612が形成されている。第1面の配線パターン610と第2面の電極パッド612は、マザー基板Y2を貫通する導電連絡部620によって電氣的に接続されている。マザー基板の第2面602には、例えばハンダバンプ630を介してコネクタ640が接続されている。このような構成によれば、配線基板200は、マザー基板Y2とマイクロミラー基板100との間に位置する中継基板としての機能を果たす。マザー基板Y2は、上述したようにマイクロミラー素子のほかにも回路部品を搭載しているため、大型化する傾向にある。マザー基板Y2が大きくなると、その表面の平面度は低下しやすくなる。本実施形態の構成に代えて、マザー基板上に配線パターンを形成するとともに光センサユニットを設けて、マザー基板とマイクロミラー基板とを導電スペーサを介して接続することもできる。しかし、そのような構成にすると、マザー基板の表面の平面度が低下することに起因して、光センサユニットによるミラー形成部の回転角度の検出が適正になされないといった不具合

が発生するおそれがある。本実施形態では、上述したように、配線基板 200 の第 1 面 201 の平面度を高く維持することが可能であり、このような不具合の発生を抑制することができる。

【0042】

このように、マイクロミラー素子 X2 は、単一のマイクロミラー基板 100 および単一の配線基板 200 において、9 個のマイクロミラー素子 X1 が一体的に形成されたものに相当する。したがって、マイクロミラー素子 X2 においては、マイクロミラー素子 X1 に関して上述したのと同様に、各マイクロミラーユニット X2' を駆動して、マイクロミラーユニット X2' の可動部すなわちミラー形成部 110 および内フレーム 120 を揺動することができる。また、配線基板 200 に設けられた 9 個の光センサユニット 400 により、マイクロミラー素子 X1 に関して上述したのと同様の方法によって、ミラー形成部 110 ごとの回転角度をそれぞれ個別に検出することができる。

【0043】

このように、マイクロミラー素子 X2 は、マイクロミラー素子の大型化を抑制しつつ、マイクロミラー素子の各ミラー形成部 110 の作動状態を適正に検出するための構成を有する。具体的には、マイクロミラー素子 X2 においては、導電スペーサ 300 により、マイクロミラー基板 100 に形成されている導電経路と、配線基板 200 に形成されている配線パターン 210 とが電氣的に接続されている。それとともに、導電スペーサ 300 により、マイクロミラー基板 100 および配線基板 200 の良好な離隔状態が達成されている。光センサユニット 400 は、マイクロミラー基板 100 と配線基板 200 との間に生じた空間を利用して設けられている。このため、光センサユニット 400 を設けることによってマイクロミラー素子 X2 が大型化することもない。また、光センサユニット 400 は、ミラー形成部 110 と比較的近接して設けられている。このため、ミラー形成部 110 の回転角度の検出の精度は良好となる。また、ミラー形成部 110 および内フレーム 120 からなる可動部を駆動するための配線は、当該可動部が形成されているマイクロミラー基板 100 には形成されていないため、マイクロミラー基板 100 においてはマイクロミラー素子 X2 の小型化が達成されている。さらに、配線基板の第 2 面 202 に対しても配線パターン 210 が形成されているため、配線基板の第 1 面 201 に光センサユニット 400 が設けられていても、配線パターン 210 の形成領域を十分に確保することができる。本実施形態では、マイクロミラー基板 100 において、合計 9 個のマイクロミラーユニット X2' が形成されているが、本発明では、これよりも多い数のマイクロミラーユニット X2' をマイクロミラー基板 100 に一体成形する場合においても、第 2 の実施形態に関して上述した効果が奏される。

【0044】

上述の第 1 および第 2 の実施形態では、ミラー形成部 110 の回転角度の検出手段は、光センサを用いて構成していたが、本発明では、このような構成に代えて静電容量型センサを用いて構成してもよい。例えば図 8 に表すように、静電容量型センサユニット 800 は、4 つの固定電極 803a~803d を配置したセンサ基板 801 をミラー形成部 110 の下面に対向する位置に設けることによって構成することができる。固定電極 803a~803d は、ミラー形成部 110 の回転軸心 A1 および A2 まわりの回転動作に伴い、ミラー形成部 110 の端部が変位する方向に対応する位置に配置されている。ミラー形成部 110 は、変位電極として機能する。このような構成によれば、ミラー形成部 110 の回転動作により、各固定電極 803a~803d における静電容量が変化する。このときの静電容量の増減により、ミラー形成部 110 の回転角度を検出することができる。

【0045】

上述の第 1 および第 2 の実施形態では、配線基板 200 の表面に配線パターン 210 を形成していたが、本発明では、このような構成に代えて配線基板の表面に絶縁被膜を形成し、当該絶縁被膜上に配線パターンを形成してもよい。第 2 の実施形態において上述した導電連絡部を有する構成においては、例えば図 9 に表すように、配線基板 200 の表面に SiO₂ などからなる絶縁膜 240 を形成し、絶縁膜 240 上に導電連絡部 220 および

配線パターン 210 を形成することができる。絶縁膜 240 の形成は、CVD 法を採用することができる。このような構成によれば、配線基板 200 として Si などの半導体基板を用いた場合であっても、配線基板 200 と配線パターン 210 または導電連絡部 220 との絶縁が確実になされているため、配線基板 200 への電流リークは防止することができる。

【0046】

また、上述の第 2 の実施形態では、導電連絡部に Cu などの金属材料を用いて構成したが、このような構成に代えてシリコンなどに n 型や p 型の不純物をドーピングして導電性を付与した半導体材料あるいは銀、金などの金属粒子を含んだ樹脂ペーストからなる導電性有機物材料を用いることができる。また、導電連絡部の形成手法は、導電連絡部を構成する材料に応じて、CVD 法、LP CVD 法、MOCVD 法などの手法を適宜採用することができる。また、導電連絡部は、上記したような成膜手法による形成に代えて、貫通孔に導電性材料を充填することによって形成してもよい。

【0047】

以上のまとめとして、本発明の構成およびそのバリエーションを以下に付記として列挙する。

【0048】

(付記 1)

フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとが形成されているマイクロミラー基板と、

配線パターンが形成されている配線基板と、

前記マイクロミラー基板および前記配線基板を離隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電気的に接続するための導電スペーサと、を備えるマイクロミラー素子であって、

前記配線基板は、前記マイクロミラー基板に対向する第 1 の面を有し、当該第 1 の面には、前記ミラー部の回転角度を検出するための検出手段が設けられていることを特徴とする、マイクロミラー素子。

(付記 2)

フレーム部と、ミラー部を有する可動部と、前記フレーム部および前記可動部を連結するトーションバーとを備える複数のマイクロミラーユニットが一体的に形成されているマイクロミラー基板と、

配線パターンが形成されている配線基板と、

前記マイクロミラー基板および前記配線基板を離隔させつつ前記フレーム部および前記配線パターンを電気的に接続するための導電スペーサと、を備えるマイクロミラー素子であって、

前記配線基板は、前記マイクロミラー基板に対向する第 1 の面を有し、当該第 1 の面には、前記各ミラー部ごとの回転角度を検出するための複数の検出手段が設けられていることを特徴とする、マイクロミラー素子。

(付記 3)

前記検出手段は、光センサを用いて構成されている、付記 1 または 2 に記載のマイクロミラー素子。

(付記 4)

前記検出手段は、静電容量型センサを用いて構成されている、付記 1 ないし 3 のいずれかに記載のマイクロミラー素子。

(付記 5)

前記配線基板は、前記第 1 の面とは反対の第 2 の面を有し、当該第 2 の面には、前記配線パターンの一部が形成されているとともに、

前記配線基板は、前記第 1 の面に形成されている配線パターンと前記第 2 の面に形成されている配線パターンとを電気的に接続するように、前記配線基板を貫通する導電連絡部を有する、付記 1 ないし 4 のいずれかに記載のマイクロミラー素子。

(付記 6)

前記導電連絡部は、金属、半導体、導電性有機物のいずれかの導電性材料によって構成されている、付記 1 ないし 5 のいずれかに記載のマイクロミラー素子。

(付記 7)

前記導電性材料は、メッキ処理、CVD 法、LP-CVD 法、MOCVD 法のいずれかの方法を用いて形成されている、付記 1 ないし 6 のいずれかに記載のマイクロミラー素子。

(付記 8)

前記導電スペーサは、単一のバンプ、または、積み重なる複数のバンプからなる、付記 1 ないし 7 のいずれかに記載のマイクロミラー素子。

(付記 9)

前記導電スペーサは、前記配線パターンまたは前記フレーム部の少なくとも一方に電極パッドを介して接続している、付記 1 ないし 8 のいずれかに記載のマイクロミラー素子。

(付記 10)

前記導電スペーサは、前記配線パターンまたは前記フレーム部の少なくとも一方に導電性接着剤を介して接続している、付記 1 ないし 9 のいずれかに記載のマイクロミラー素子。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態に係るマイクロミラー素子の斜視図である。

【図 2】 図 1 に示すマイクロミラー素子の分解斜視図である。

【図 3】 図 1 に示すマイクロミラー素子の断面図である。

【図 4】 図 1 に示すマイクロミラー素子のマイクロミラー基板の裏面図である。

【図 5】 本発明の第 2 の実施形態に係るマイクロミラー素子の斜視図である。

【図 6】 図 5 に示すマイクロミラー素子の分解斜視図である。

【図 7】 本発明の第 2 の実施形態に係るマイクロミラー素子の断面構造を表す部分断面図である。

【図 8】 検出手段の他の例を表す斜視図である。

【図 9】 配線基板の他の例を表す要部断面図である。

【図 10】 光スイッチング装置の一例の概略構成図である。

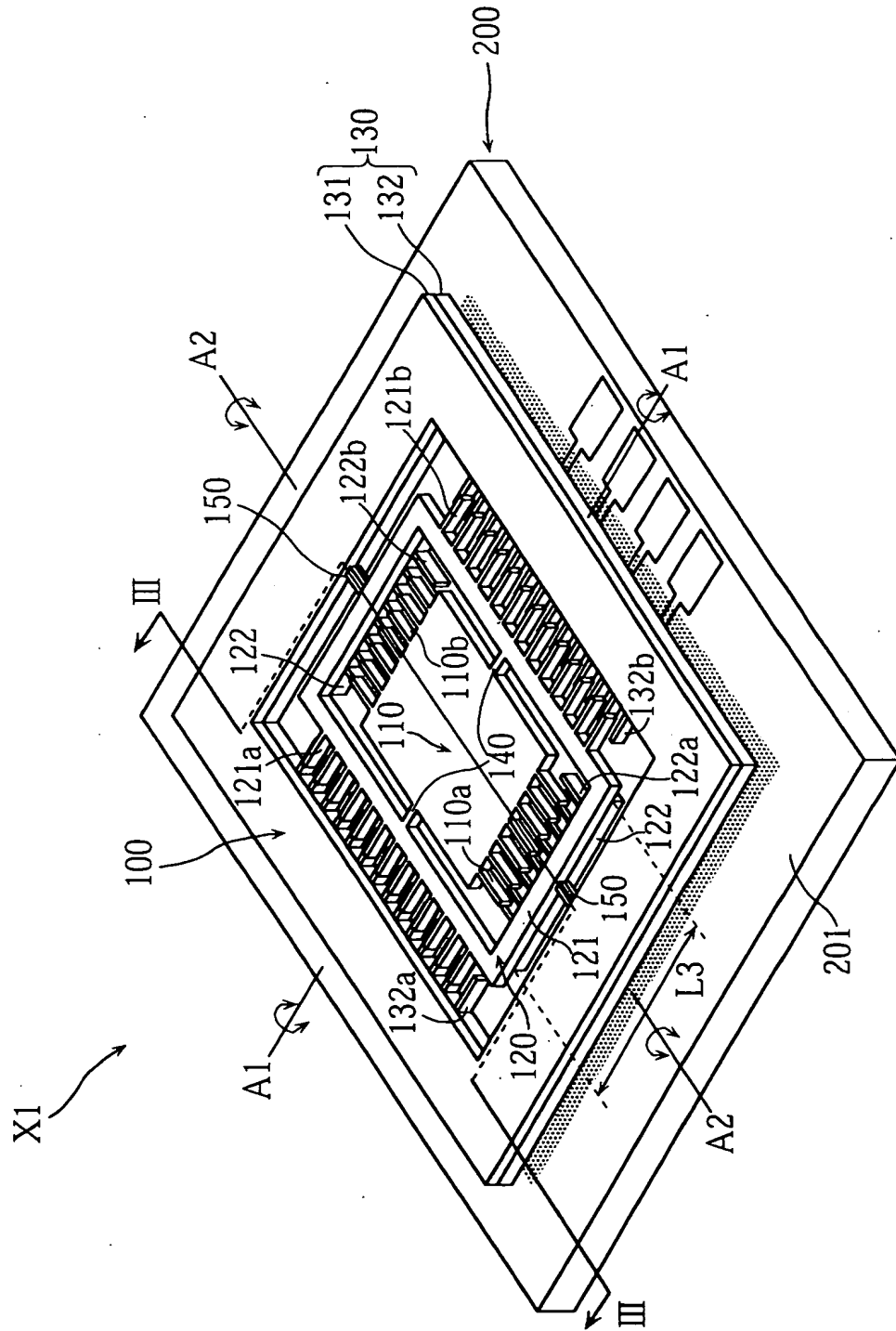
【符号の説明】

【0050】

X 1, X 2	マイクロミラー素子
X 2'	マイクロミラーユニット
1 0 0	マイクロミラー基板
1 1 0	ミラー形成部
1 2 0	内フレーム
1 3 0	外フレーム
1 3 0'	共通外フレーム
1 4 0, 1 5 0	トーションバー
2 0 0	配線基板
2 1 0	配線パターン
3 0 0	導電スペーサ
3 0 1, 3 0 2	ボールバンプ
4 0 0	光センサユニット
8 0 0	静電容量型センサユニット

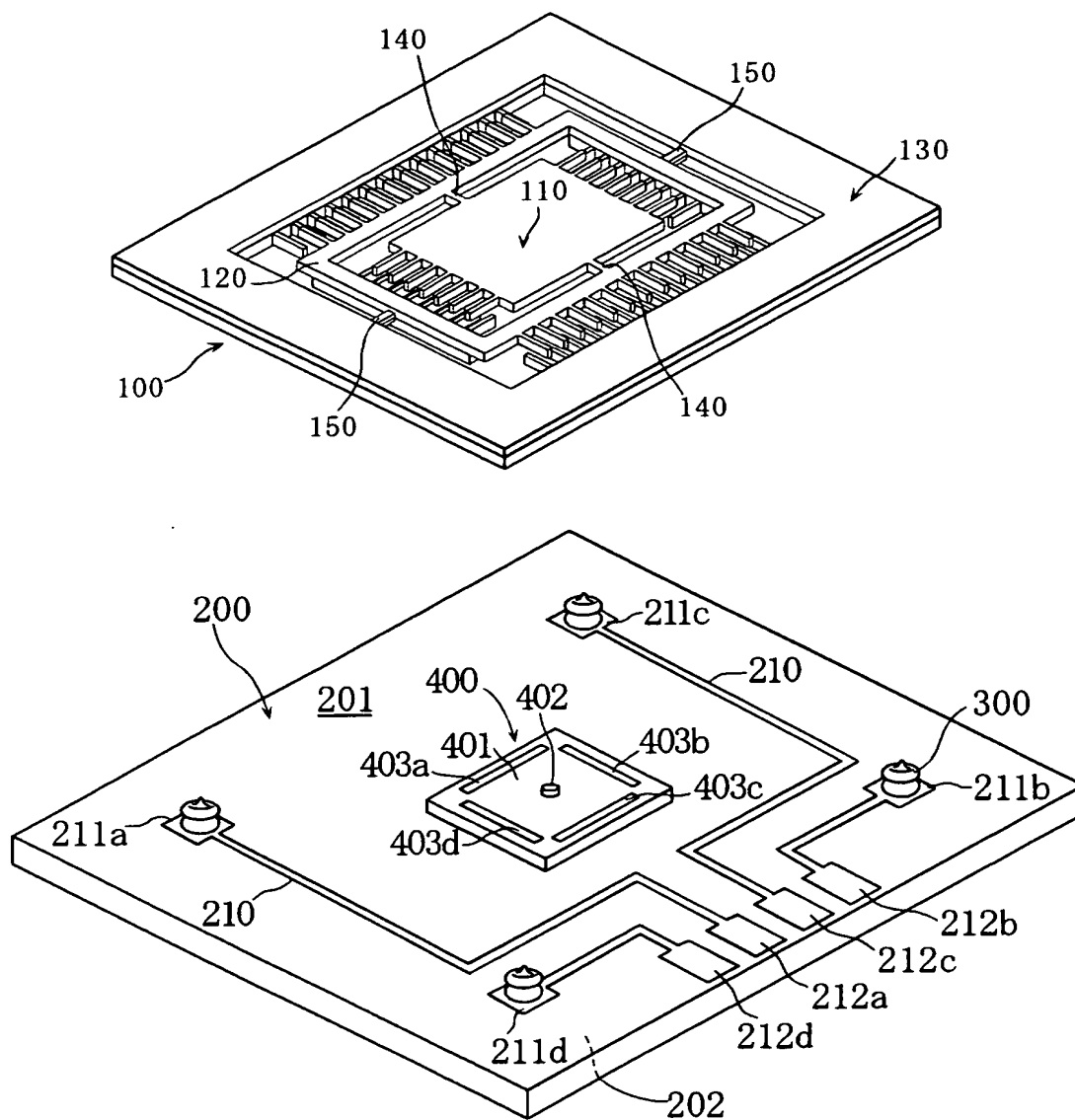
【書類名】 図面
【図 1】

第1の実施形態のマイクロミラー素子



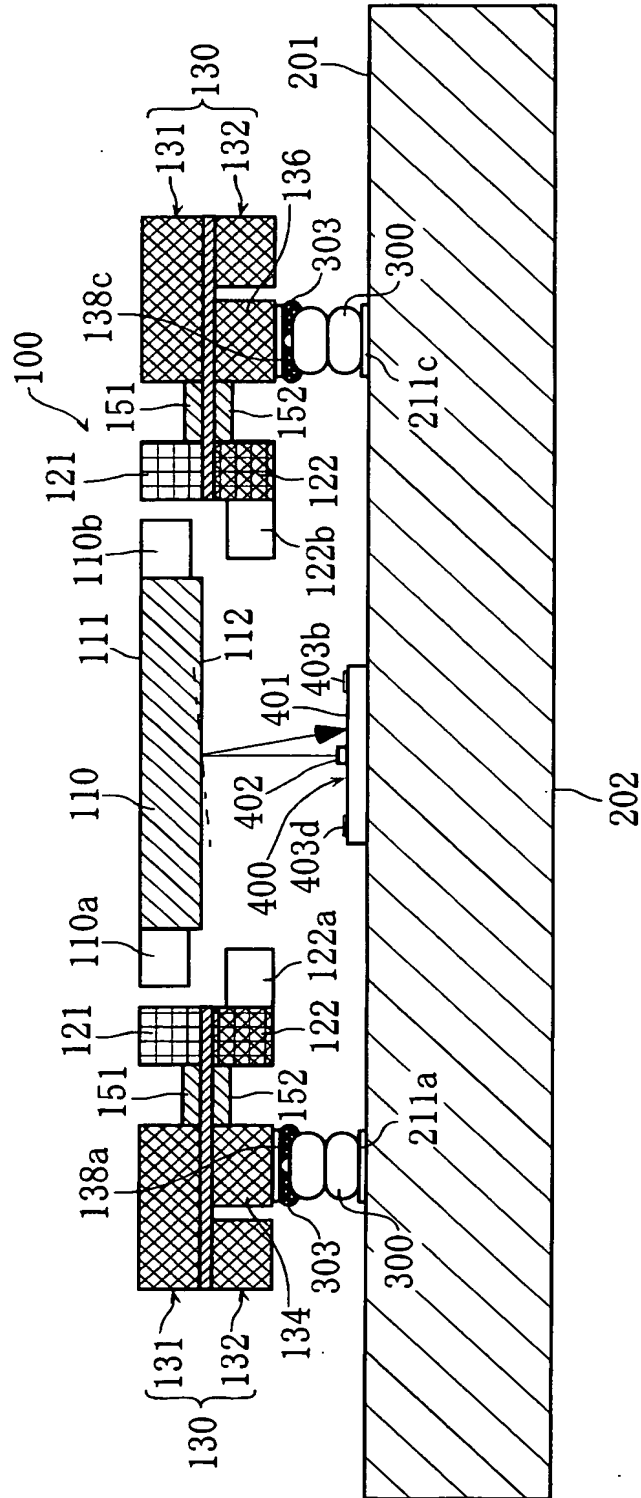
【圖 2】

図1のマイクロミラー素子の分解斜視図



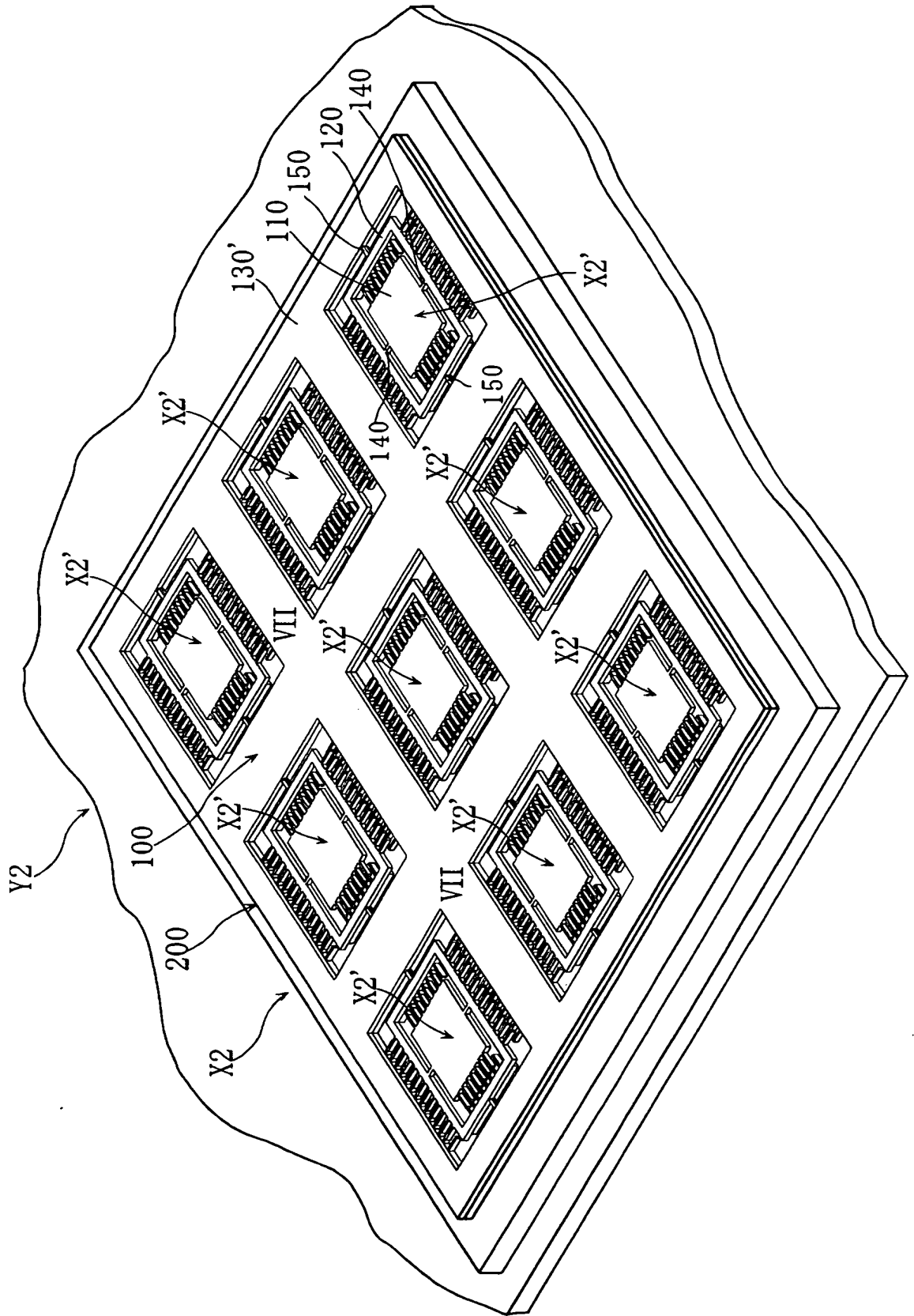
【図 3】

図 1 の線III-IIIに沿った断面図



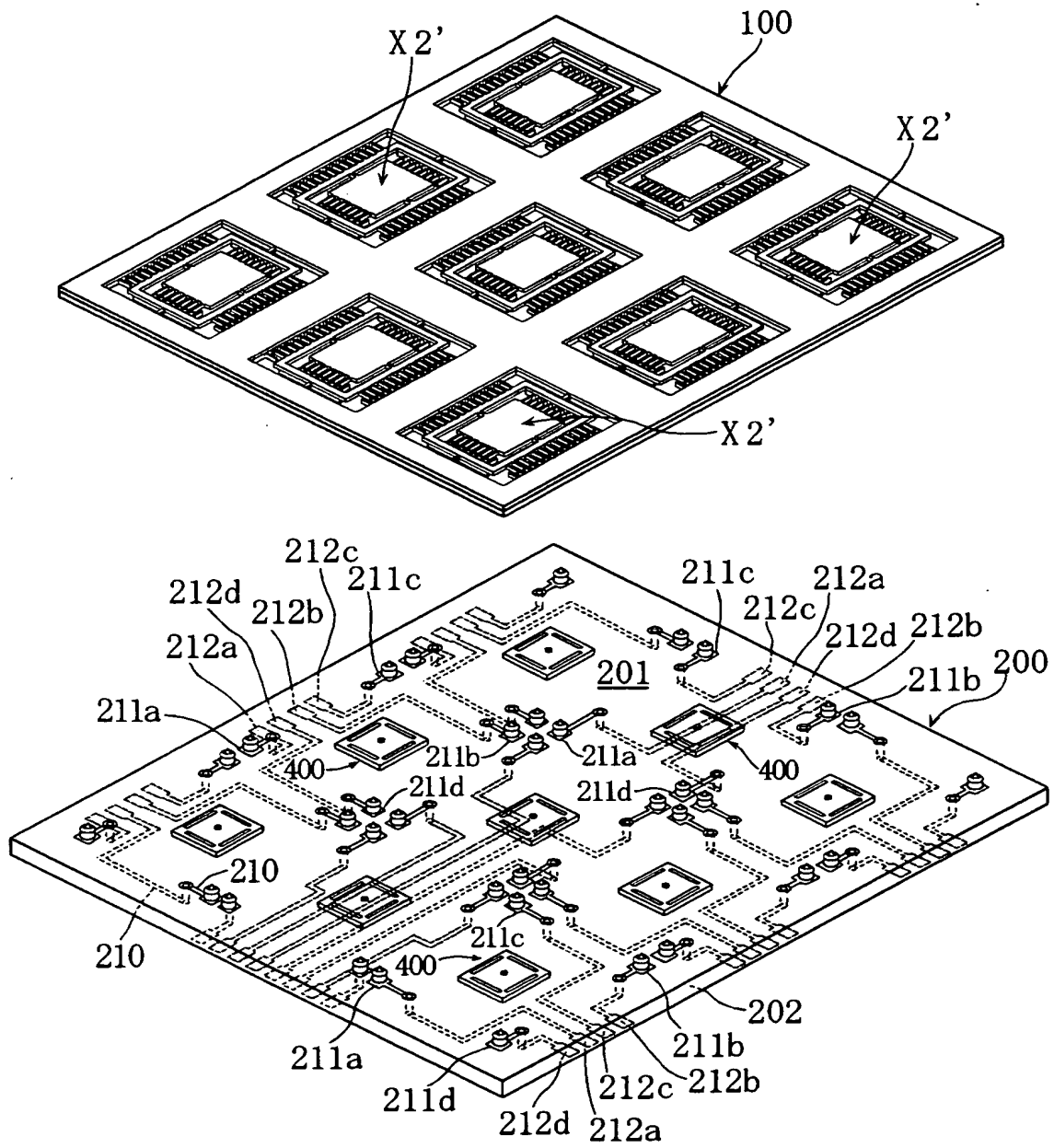
【図 5】

第2の実施形態のマイクロラミネ子



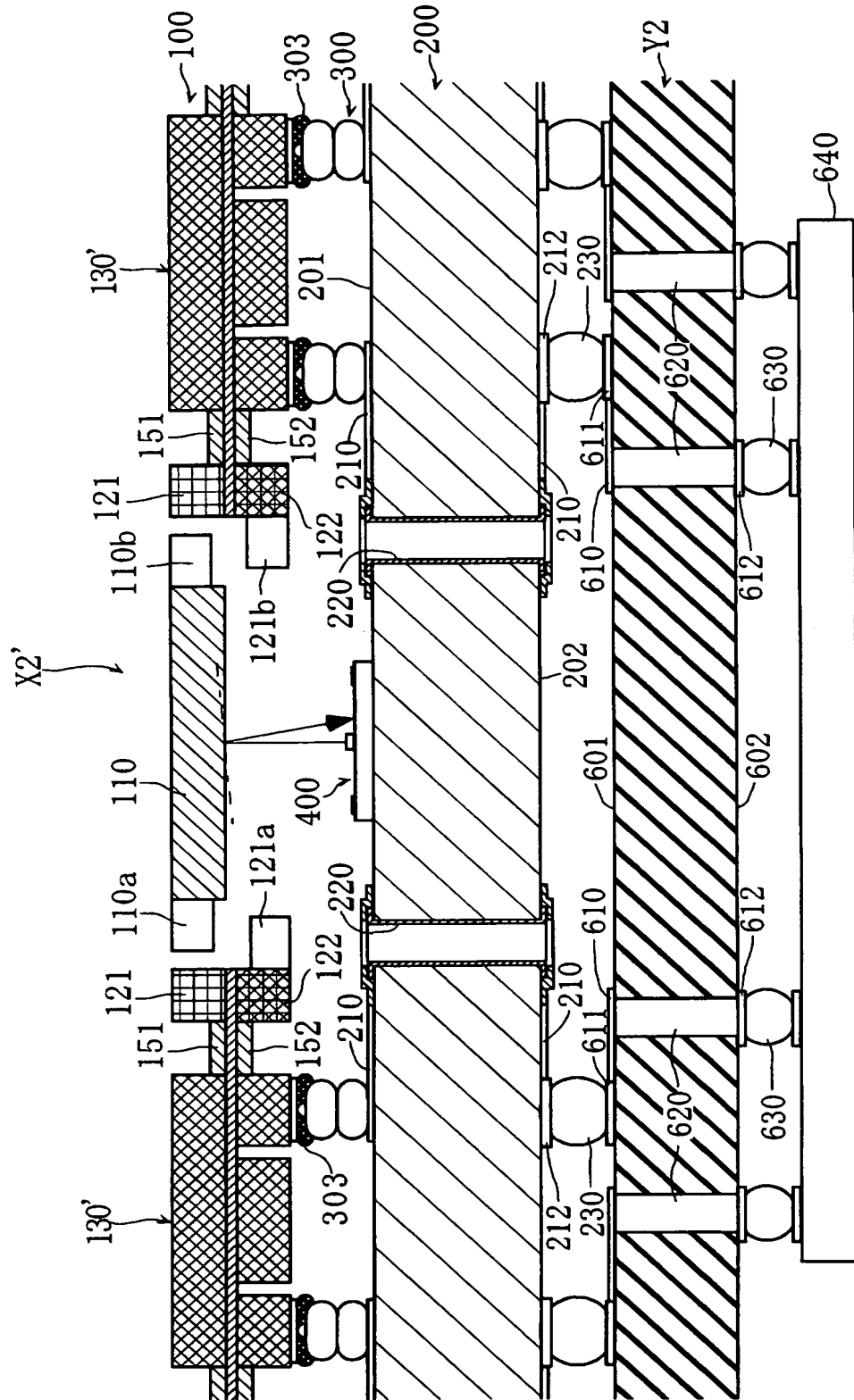
【図 6】

図5のマイクロミラー素子の分解斜視図



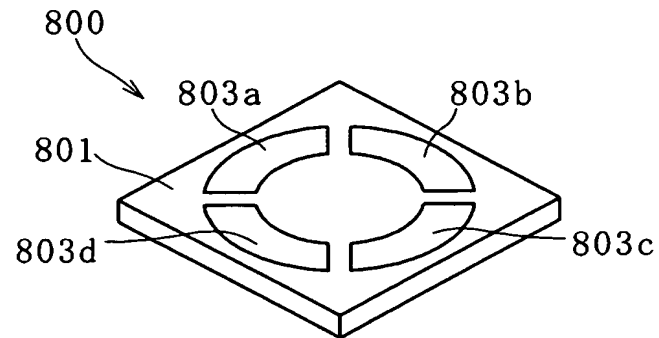
【図 7】

第 2 の実施形態のマイクロミラー素子の断面構造を表す部分断面図



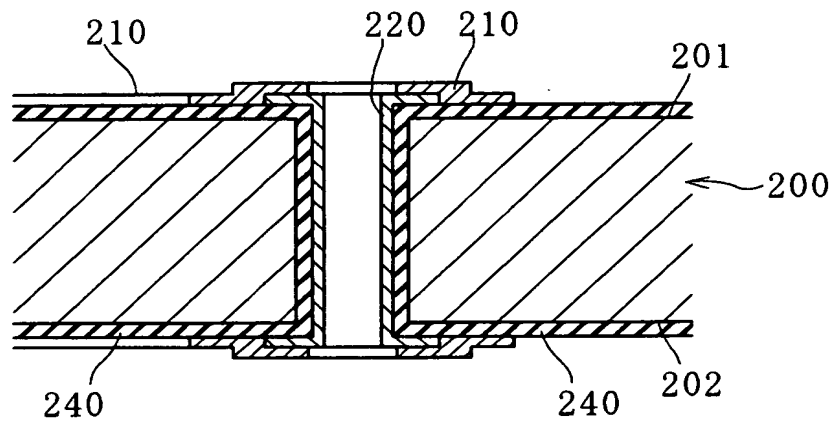
【図 8】

検出手段の他の例を表す斜視図



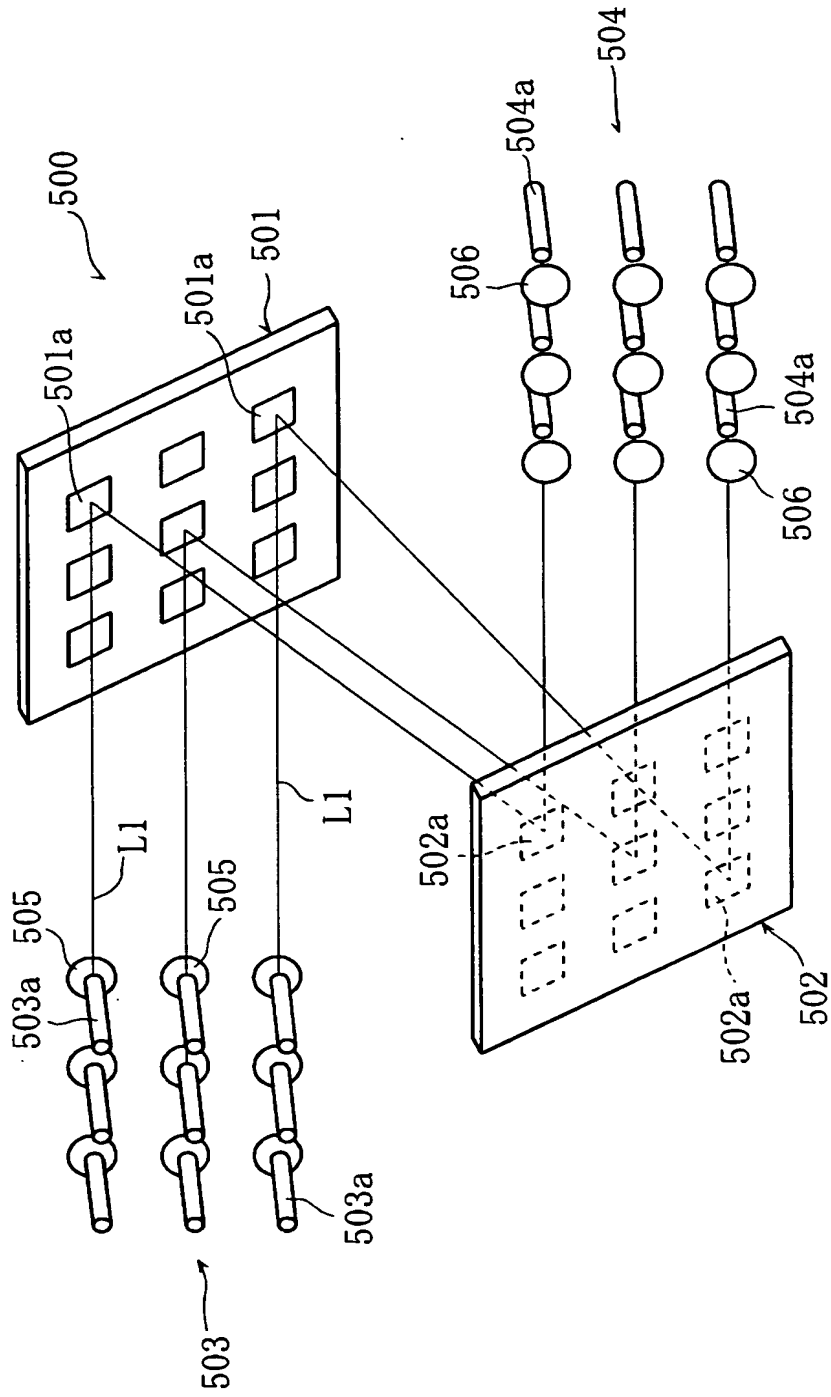
【図 9】

配線基板の他の例を表す要部断面図



【図10】

光スイッチング装置の概略構成



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ミラー面の増加に伴う素子の大型化を抑制しつつ、ミラー面の作動状態を適正に検出可能なマイクロミラー素子を提供すること。

【解決手段】 フレーム部 130 と、ミラー部を有する可動部 110, 120 と、フレーム部 130 および可動部 110, 120 を連結するトーションバー 150 とが形成されているマイクロミラー基板 100 と、配線パターン 210 が形成されている配線基板 200 と、マイクロミラー基板 100 および配線基板 200 を離隔させつつフレーム部 130 および配線パターン 210 を電氣的に接続するための導電スペーサ 300 と、を備えるマイクロミラー素子 X1 であって、配線基板 200 は、マイクロミラー基板 100 に対向する第 1 の面 201 を有し、第 1 の面 201 には、ミラー部の回転角度を検出するための検出手段 400 が設けられている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 1 4 4 5 5 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日	1 9 9 6 年 3 月 2 6 日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号
氏 名	富士通株式会社